

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Attorney Docket No. 253/045

In re patent application of

Tae-Kyoung KIM, et al.

Group Art Unit: (Unassigned)

Serial No. (Unassigned)

Examiner: (Unassigned)

Filed: Concurrently

For: METHOD OF MEASURING A CONCENTRATION OF A MATERIAL AND  
METHOD OF MEASURING A CONCENTRATION OF A DOPANT OF A  
SEMICONDUCTOR DEVICE

**CLAIM FOR CONVENTION PRIORITY**

Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA. 22313-1450

Sir:

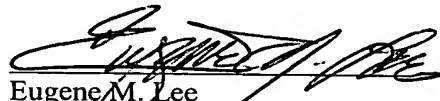
The benefit of the filing date of the following prior foreign application filed in the following foreign country is hereby requested, and the right of priority provided in 35 U.S.C. § 119 is hereby claimed.

In support of this claim, filed herewith is a certified copy of said original foreign application:

Korean Application No. 2002-68339, filed November 6, 2002.

Respectfully submitted,

October 29, 2003  
Date

  
Eugene M. Lee  
Reg. No. 32,039  
Richard A. Sterba  
Reg. No. 43,162

LEE & STERBA, P.C.  
1101 Wilson Boulevard Suite 2000  
Arlington, VA 20009  
Telephone: (703) 525-0978

대한민국 특허청

KOREAN INTELLECTUAL  
PROPERTY OFFICE

별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto  
is a true copy from the records of the Korean Intellectual  
Property Office.

출원번호 : 10-2002-0068339  
Application Number PATENT-2002-0068339

출원년월일 : 2002년 11월 06일  
Date of Application NOV 06, 2002

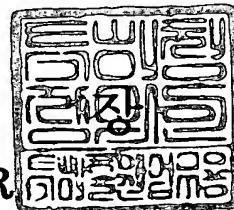
출원인 : 삼성전자 주식회사  
Applicant(s) SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.



2002 년 11 월 20 일

특 허 청

COMMISSIONER



## 【서지사항】

【서류명】	특허출원서
【권리구분】	특허
【수신처】	특허청장
【제출일자】	2002.11.06
【발명의 명칭】	농도 측정방법 및 이를 이용한 반도체 소자의 불순물 농도 측정방법
【발명의 영문명칭】	CONCENTRATION MEASUREMENT AND METHOD OF DOPANT CONCENTRATION MEASUREMENT OF SEMICONDUCTOR DEVICE
【출원인】	
【명칭】	삼성전자 주식회사
【출원인코드】	1-1998-104271-3
【대리인】	
【성명】	박영우
【대리인코드】	9-1998-000230-2
【포괄위임등록번호】	1999-030203-7
【발명자】	
【성명의 국문표기】	김태경
【성명의 영문표기】	KIM,Tae Kyoung
【주민등록번호】	710223-1011345
【우편번호】	449-904
【주소】	경기도 용인시 기흥읍 보라리 민속마을 쌍용아파트 116동 1102호
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	최선용
【성명의 영문표기】	CHOI,Sun Yong
【주민등록번호】	560201-1260117
【우편번호】	463-020
【주소】	경기도 성남시 분당구 수내동 73번지 푸른마을 304-103
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	전충삼
【성명의 영문표기】	JUN,Chung Sam

【주민등록번호】	650820-1094917
【우편번호】	442-816
【주소】	경기도 수원시 팔달구 우만2동 129-1 현대아파트 16동 101호
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	김광수
【성명의 영문표기】	KIM,Kwang Soo
【주민등록번호】	670928-1113135
【우편번호】	449-908
【주소】	경기도 용인시 기흥읍 영덕리 15 신일아파트 102-304
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	신경수
【성명의 영문표기】	SHIN,Koung Su
【주민등록번호】	720415-1380711
【우편번호】	442-706
【주소】	경기도 수원시 팔달구 망포동 동수원엘지빌리지 1차아파트 103동 210 2호
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	최정현
【성명의 영문표기】	CHOI,Jeong Hyun
【주민등록번호】	730917-1622511
【우편번호】	449-734
【주소】	경기도 용인시 기흥읍 풍림아파트 103동 206호
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	이동춘
【성명의 영문표기】	LEE,Dong Chun
【주민등록번호】	681006-1682912
【우편번호】	445-974
【주소】	경기도 화성군 태안읍 병점리 한신아파트 107동 104호
【국적】	KR

**【심사청구】**

청구

**【취지】**

특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정에 의한 출원심사를 청구합니다. 대리인  
박영우 (인)

**【수수료】****【기본출원료】**

20 면 29,000 원

**【가산출원료】**

10 면 10,000 원

**【우선권주장료】**

0 건 0 원

**【심사청구료】**

14 항 557,000 원

**【합계】**

596,000 원

**【첨부서류】**

1. 요약서·명세서(도면)\_1통

**【요약서】****【요약】**

농도 측정방법 및 반도체 소자의 불순물 농도 측정방법이 개시되어 있다. 제1물질 및 상기 제1물질 보다 적은 양으로 복수개의 불순물을 포함하는 막이 형성된 반도체 기판에 적외선을 조사하여 상기 적외선의 일부를 흡수시키고, 흡수되지 않은 나머지 적외선을 투과시킨다. 상기 투과된 적외선과 투과되기 전의 적외선의 광량의 차이 및 상기 막이 형성되지 않은 반도체 기판이 흡수하는 적외선 광량의 차이로부터 상기 막이 포함하는 제1물질 및 복수개의 불순물 각각이 흡수하는 적외선 광량을 광 파수별로 파악한다. 상기 제1 물질이 흡수하는 일정 광량에 상응하는 광 파수영역에 대한 복수개의 불순물 각각이 흡수하는 일정 광량에 상응하는 광 파수영역의 비에 의해 각각의 불순물의 농도를 파악한다. 이와 같이, 실제 공정 중의 소자를 선택하여 측정하며 물질이 흡수하는 파수 영역에 의해 농도를 파악하므로 신뢰성 있는 데이터를 얻을 수 있다.

**【대표도】**

도 2

## 【명세서】

## 【발명의 명칭】

농도 측정방법 및 이를 이용한 반도체 소자의 불순물 농도 측정방법{CONCENTRATION MEASUREMENT AND METHOD OF DOPANT CONCENTRATION MEASUREMENT OF SEMICONDUCTOR DEVICE}

## 【도면의 간단한 설명】

도 1은 본 발명의 실시예에 의한 반도체 소자의 제조공정 중에 이루어지는 불순물의 농도 측정방법에 대한 순서도이다.

도 2는 본 발명의 실시예에 의한 반도체 기판에 형성된 절연막의 IR 스펙트럼 측정방법에 대한 순서도이다.

도 3a는 본 발명의 실시예에 의해 반도체 기판 상에 BPSG로 이루어진 제1절연막을 형성한 후의 제1 IR 스펙트럼이다.

도 3b는 본 발명의 실시예에 의해 반도체 기판 상에 BPSG로 이루어진 제1절연막을 형성하기 전의 제2 IR 스펙트럼이다.

도 3c는 도 3a 및 도 3b의 스펙트럼의 차이에 의해 BPSG로 이루어진 제1절연막만의 제3 IR 스펙트럼이다.

도 4a는 기판에 형성된 BPSG로 이루어진 절연막의 제4 IR 스펙트럼이다.

도 4b는 기판에 형성된 BPSG로 이루어진 절연막의 제5 IR 스펙트럼이다.

도 5a는 제4 IR 스펙트럼과 같이 뚜렷한 형태의 피크를 갖는 스펙트럼들에 있어서, 종래방법에 의해 파악된 면적 및 본 발명에 의해 파악된 면적의 상관관계를 나타낸 그래프이다.

도 5b는 제5 IR 스펙트럼과 같이 뚜렷하지 않은 피크를 갖는 스펙트럼들에 있어서, 종래방법에 의해 파악된 면적 및 본 발명에 의해 파악된 면적의 상관관계를 나타낸 그래프이다.

<도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명>

300 : 제1피크      310 : 제2피크

320 : 제3피크      330 : 제4피크

340 : 제5피크      350 : 제6피크

360 : 제7피크      400 : 제8피크

500 : 제2방법      505 : 제2방법

510 : 제1방법      520 : 제1방법

【발명의 상세한 설명】

【발명의 목적】

【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】

<17>      본 발명은 농도 측정방법 및 상기 방법을 이용한 반도체 소자의 불순물 농도 측정 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 BPSG막이 포함하고 있는 물질의 농도 측정방법 및 이를 이용한 반도체 소자의 불순물 농도측정방법에 관한 것이다.

<18>      최근, 급속도로 성장하는 정보화 사회에 있어서, 다양한 기술의 발전과 함께 대량의 정보를 보다 빠르게 처리하기 위해 반도체 장치는 고집적화 되고 있다. 따라서, 더 많은 패턴을 반도체 기판 상에 형성하기 위해 패턴 간격 및 패턴의 폭이 좁아 상대적으로 단차가 큰 패턴들을 형성하고 있다.



- <19> 일반적으로 반도체 소자를 제조하는 공정에서 적층된 패턴들은 반도체 기판에 형성된 트랜지스터(transistor) 소자 및 각종 금속 배선층들으로써, 도전성을 갖기 때문에 각 층들을 절연시키기 위해 층간 절연막을 형성한다.
- <20> 상기 층간 절연막을 도전성 패턴이 형성된 반도체 기판 상에 형성하게 되면, 하부에 존재하는 단차가 큰 패턴들로 인해 상기 층간 절연막의 상부면이 평평하지 못하고 굴곡지게 된다. 따라서, 상기 도전성 패턴 및 층간 절연막을 반복해서 적층하게 되면, 후반에는 상기 굴곡의 정도가 심하여 소자로써의 역할을 수행할 수 없게 된다. 때문에, 상기 단차가 크고 간격이 좁은 패턴 사이를 내부 공극 없이 매립하고 평탄화하는 층간 절연막 형성 기술은 반도체 소자 제조에 있어서 중요한 기술 중 하나로 대두되고 있다.
- <21> 물질 증착 후 열처리를 통해서 매립 능력을 향상시키거나 평탄도를 개선시키기에 적합한 것으로 판단되어 포스포 실리케이트 글래스(Boro-Phospho-Silicate Glass; 이하, 'BPSG' 라 한다.)막을 증착하여 층간 절연막을 형성하고 있다. 상기 BPSG막은 약 850℃ 정도의 온도를 갖는 열에 대해 급격한 점도(viscosity) 변화를 수반하여 흐름성(flow)이 좋은 막으로 알려져 있다. 이때, 상기 불순물의 농도차이에 따라 동일 온도에서의 평탄화 정도가 틀려지고, 층간 절연막으로서의 절연정도에 차이가 발생한다. 예컨대, 공정 온도를 낮추기 위해 BPSG막의 주성분인 실리콘 산화막( $\text{SiO}_2$ )에 붕소(Boron;B) 또는 인(Phosphorus;P) 등의 불순물(dopant) 농도를 조절하여 낮은 온도에서도 평탄화가 잘 이루어지도록 하고 있다. 따라서, 상기 BPSG로 이루어진 층간 절연막의 붕소 및 인의 불순물 첨가량을 측정하는 것은 매우 중요한 검사 단계이다.
- <22> 이와 같이, 막 상태로 존재하는 물질의 성분량을 분석하기 위해서, 푸리에 변환 적외선 측정법(Fourier Transform Infrared Region measurements; 'FT-IR', 이하 'FT-IR 측

정법'이라고 한다.)이 사용되고 있다. 대한민국 특허 특1997-0010665에 FT-IR 측정법에 의한 성분량 분석방법이 개시되어 있다.

<23>       상기 FT-IR 측정법은 FT-IR 분광기라는 측정설비를 사용하며, 물질의 적외선에 대한 흡수 분포도를 적외선(이하, 'IR'이라 한다.) 스펙트럼(spectrum)으로 나타낸다. 복사선이 고체, 액체 또는 기체층을 통과할 때 원자, 분자 또는 이온을 구성하고 있는 전자가 복사선을 흡수하는 경우 그 복사선의 광자 에너지(Photon Energy) 만큼 높은 에너지 준위로 옮겨가게 된다. 이들 전자 에너지전위 차는 각 화학 종에 따라 고유 값을 갖고 있으며 흡수되는 복사선의 주파수(frequency)를 조사하여 시료중의 성분물질을 알 수 있다. 상기 주파수는  $c=v/\lambda$  과 같이 주기현상이 일정한 속도로 전달되는 파동의 전파속도( $v$ ) 및 파장( $\lambda$ )에 의해 표현되고, IR 스펙트럼은 파장의 역수인 파수(wave number)에 의해 표현된다.

<24>       시료에 포함된 물질 각각의 농도를 측정하기 위해, IR 스펙트럼에서 각각의 물질이 나타내는 파수영역의 피크(peak) 면적을 이용한다. 즉, 시료 중의 물질 각각이 나타내는 피크 면적의 상대적인 크기에 의해 시료가 포함하고 있는 물질 각각의 농도를 파악한다. 그러나, 상기 설비의 측정 빔(beam)의 직경이 10mm이상이므로 BPSG막이 형성된 반도체 기판에 대해 측정을 진행할 때, 상기 기판 상에 형성된 패턴으로 인해 빔이 반사되고 산란되며, 상기 BPSG막 사이에 형성된 패턴들로 인해 두께가 증가할수록 피크 면적의 왜곡이 심화된다.

<25>       따라서, 반도체 소자 제조공정 중에 소자의 BPSG막이 포함하는 불순물 농도를 측정하기 위해서는, 상기 소자의 제조공정과 동일한 조건으로 순수한 기판 상에 BPSG막을 형성한 테스트 샘플(test sample)을 이용하여 간접적으로 BPSG막의 두께 및 불순물의 첨가

량을 측정하고 상기 두께 및 첨가량에 의해 농도를 산출한다. 일본 공개 특허 평 10-070168에 테스트 샘플 제조방법이 개시되어 있다.

<26>       상기 테스트 샘플은 실제 제조공정에서 제조된 BPSG막과 동일한 상태를 유지시키기 위해 수많은 변수들을 고려하여 제작되고 있다. 그러나, 샘플의 두께가 두껍거나 불순물의 양이 많을 경우에는 상기 샘플을 투과하는 광의 양이 부족하여 상기 투과된 광을 감지하는 것이 어려울 수 있다. 따라서, 흡수 분포도가 뚜렷하게 나타나지 않고 특정 물질을 나타내는 피크의 최고점 주위에 노이즈와 같이 무수하게 갈라지는 현상이 발생하여 피크 면적을 정확하게 계산하지 못하고 농도의 오차를 유발하게 된다. 따라서, 데이터로서의 신뢰성을 상실한다.

<27>       또한, 각 공정 단계마다 진행하는 불량 검사 및 농도측정 공정을 따로 진행하여 공정의 다음 단계를 진행하기까지 공정 시간이 지연되며, 반도체 제조 공정 중에 BPSG막을 사용하는 단계마다 실제 공정에 부가적으로 테스트 샘플을 제작하는 공정을 더불어 진행하여 원가를 상승시키게 된다.

#### 【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

<28>       따라서, 본 발명의 제1목적은 적외선 측정법에 의해 투과되는 광량이 적은 경우에도 신뢰성 있는 데이터를 얻을 수 있는 농도 측정방법을 제공하는 것이다.

<29>       본 발명의 제2목적은 적외선 측정법에 의해 투과되는 광량이 적어 일부 물질에 대한 스펙트럼이 뚜렷하지 않은 경우에도 신뢰성 있는 데이터를 얻을 수 있는 농도 측정방법을 제공하는 것이다.

<30> 본 발명의 제3목적은 불순물을 포함하는 절연막을 반복적으로 적층시마다 적용할 수 있는 반도체 소자의 불순물 농도 측정방법을 제공하는 것이다.

<31> 본 발명의 제4목적은 실제 반도체 공정과 병행하여 적용할 수 있는 반도체 소자의 불순물 농도 측정방법을 제공하는 것이다.

#### 【발명의 구성 및 작용】

<32> 상기 제1 목적을 달성하기 위하여 농도 측정방법은, 제1물질 및 상기 제1물질 보다 적은 양으로 복수개의 불순물을 포함하는 막이 형성된 반도체 기판에 적외선을 조사하여 상기 적외선의 일부를 흡수시키고, 흡수되지 않은 나머지 적외선을 투과시키는 단계, 상기 투과된 적외선과 투과되기 전의 적외선의 광량의 차이 및 상기 막이 형성되지 않은 반도체 기판이 흡수하는 적외선 광량의 차이로부터 상기 막이 포함하는 제1물질 및 복수개의 불순물 각각이 흡수하는 적외선 광량을 광 파수별로 파악하는 단계, 상기 제1 물질 및 복수개의 불순물 각각이 흡수하는 광 파수 영역 중 상기 제1 물질 및 복수개의 불순물 각각이 흡수하는 일정 광량에 상응하는 각각의 광 파수영역을 파악하는 단계 및 상기 제1 물질이 흡수하는 일정 광량에 상응하는 광 파수영역에 대한 복수개의 불순물 각각이 흡수하는 일정 광량에 상응하는 광 파수영역의 비에 의해 각각의 불순물의 농도를 파악하는 단계를 포함한다.

<33> 상기 제2 목적을 달성하기 위하여 농도 측정방법은, 제1물질 및 상기 제1물질 보다 적은 양으로 복수개의 불순물을 포함하는 막이 형성된 반도체 기판에 적외선을 조사하여 상기 적외선의 일부를 흡수시키고, 흡수되지 않은 나머지 적외선을 투과시키는 단계, 상기 투과된 적외선과 투과되기 전의 적외선의 광량의 차이 및 상기 막이 형성되지 않은 반도체 기판이 흡수하는 적외선 광량의 차이로부터 상기 막이 포함하는 제1물질 및 복

수개의 불순물 각각이 흡수하는 적외선 광량을 광 파수별로 파악하는 단계, 상기 제1 물질 및 복수개의 불순물 각각이 흡수하는 광 파수 영역 중 상기 제1 물질 및 복수개의 불순물 각각이 흡수하는 일정 광량에 상응하는 각각의 광 파수영역을 파악하는 단계 및 상기 제1 물질이 흡수하는 일정 광량에 상응하는 광 파수영역에 대한 복수개의 불순물 각각이 흡수하는 광 파수 영역 전체에 상응하는 각각이 적외선 광량의 비에 의해 각각의 불순물의 농도를 파악하는 단계를 포함한다.

<34>       상기 제3목적은 달성하기 위한 반도체 소자의 불순물 농도 측정방법은 반도체 기판 상에 복수개의 도전성 패턴을 형성하는 단계, 상기 복수개의 도전성 패턴을 포함한 반도체 기판 상에 BPSG막을 형성하는 단계, 상기 BPSG막이 형성된 반도체 기판에 적외선을 조사하여 적외선의 일부를 흡수시키고 흡수되지 않은 나머지 적외선을 투과시키는 단계, 상기 투과된 적외선과 투과되기 전의 적외선의 광량의 차이 및 상기 BPSG막이 형성되지 않은 복수개의 도전성 패턴을 포함한 반도체 기판이 흡수하는 적외선의 광량의 차이로부터 상기 BPSG막이 포함하는 각각의 물질이 흡수하는 적외선 광량을 광 파수별로 파악하는 단계 및 상기 BPSG막을 이루고 있는 물질 중 실리콘이 흡수하는 광 파수 영역 중 일정 광량에 상응하는 광파수 영역에 대한 상기 BPSG막을 이루고 있는 붕소 및 인이 흡수하는 광 파수 영역의 비에 의해 상기 붕소 및 인의 농도를 파악하는 단계를 포함한다.

<35>       상기 제4목적은 달성하기 위한 반도체 소자의 불순물 농도 측정방법은, BPSG막이 형성된 기판을 진행하고 있는 반도체 소자의 제조공정으로부터 샘플로 선택하는 단계, 상기 샘플에 형성된 BPSG막이 흡수하는 적외선의 광량을 적외선 파수에 대해 파악하는 단계 및 상기 BPSG막이 포함하고 있는 실리콘이 흡수하는 적외선 광량의 일정 양에 상응하는 적외선 파수 영역에 대한 상기 BPSG막이 포함하고 있는 붕소 및 인이 흡수하는 적

외선 광량의 일정 양에 상응하는 적외선 파수 영역의 비에 의해 샘플에 형성된 BPSG막이 포함하는 붕소 및 인의 농도를 파악하는 단계를 포함한다.

- <36> 이와 같이, 농도만을 측정하기 위해 부가적으로 테스트 샘플을 제조하지 않으므로 공정 상의 비용을 절약할 수 있고, 두께 및 농도를 동시에 측정할 수 있으므로 공정 시간을 단축할 수 있다.
- <37> 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 설명하고자 한다.
- <38> 도 1은 본 발명의 실시예에 의한 반도체 소자의 제조공정 중에 이루어지는 불순물의 농도 측정방법에 대한 순서도이다.
- <39> 도 1을 참조하면, 액티브 영역이 정의된 반도체 기판 상에 제1도전성 패턴을 형성한다. 상기 제1도전성 패턴은 트랜지스터 또는 각종 배선과 같은 반도체 소자의 구성요소이다. 상기 제1도전성 패턴 및 액티브 영역을 절연시키기 위해 상기 제1도전성 패턴이 형성된 기판 상에 제1절연막을 형성한다.(S100) 상기 제1절연막은 SiO<sub>2</sub>, B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 및 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>로 이루어지는 BPSG막일 수 있으며, 이때에는 SiO<sub>2</sub>를 주요 성분으로하며 붕소 및 인을 불순물(dopant)로 함유한다. 상기 제1절연막을 형성한 공정의 단계로부터 일부 기판을 샘플로 선택한다.(S110) 상기 샘플로 선택된 기판에 형성된 제1절연막의 IR 스펙트럼을 측정한다.(S120)
- <40> 도 2는 본 발명의 실시예에 의한 반도체 기판에 형성된 절연막의 IR 스펙트럼 측정방법에 대한 순서도이다.

- <41> 도 2를 참조하면, 상기 공정으로부터 선택한 샘플을 FT-IR 측정장치에 장착한다.(S200) 상기 제1절연막이 형성된 반도체 기판에서 측정하고자 하는 측정위치를 선택하고, 상기 측정위치를 투과하도록 IR 광을 조사시킨다.(S210) 상기 조사된 IR광은 상기 제1절연막이 형성된 반도체 기판을 투과하면서 상기 제1절연막에 일부 흡수되고, 흡수되지 않은 일부 광은 상기 제1절연막을 투과하여 센서에 조사됨으로서 상기 센서는 투과된 광량을 감지하게 된다.(S220) 상기 센서에 의해 감지된 투과된 광량으로부터 상기 제1절연막이 흡수한 광량을 파악하게 된다. 즉, 상기 IR광이 상기 제1절연막을 투과하기 전과 후의 IR광량의 차이를 통해 상기 제1절연막이 흡수한 광량을 알 수 있다. 상기 광량은 장치의 설정 조건에 따라 양적 단위없이, 광이 흡수되는 정도인 흡수도로 나타내며 조사된 IR광 파수별로 도시되어 흡수 스펙트럼으로 가시화된다.
- <42> 도 3a는 본 발명의 실시예에 의해 반도체 기판 상에 BPSG로 이루어진 제1절연막을 형성한 후의 제1 IR 스펙트럼이다.
- <43> 도 3a를 참조하면, BPSG로 이루어진 제1절연막이 형성된 기판의 제1 IR 스펙트럼은 제1절연막이 포함하고 있는 물질들의 흡수도를 보여준다. 인, 실리콘 및 붕소를 포함하고 있는 물질 각각의 흡수 파수 영역에서 인을 포함한 물질(이하, '인'이라 한다.)이 나타내는 제1피크(300), 실리콘을 포함한 물질(이하, '실리콘'이라 한다.)이 나타내는 제2피크(310) 및 붕소를 포함한 물질(이하, '붕소'라 한다.)이 나타내는 제3피크(320)가 강한 흡수도를 나타낸다. 그러나, 상기 스펙트럼은 제1절연막이 포함하고 있는 물질들뿐만 아니라, 기판 자체가 흡수하는 흡수도를 포함하고 있다.
- <44> 도 3b는 본 발명의 실시예에 의해 반도체 기판 상에 제1절연막을 형성하기 전의 제2 IR 스펙트럼이다.

- <45> 도 3b를 참조하면, 제1절연막이 형성되기 전인 제1 도전성 패턴이 형성된 기판의 제2 IR 스펙트럼은 기판 자체가 실리콘으로 형성되었으므로 실리콘의 흡수 파수 영역에서 실리콘을 나타내는 제4피크(330)를 나타낸다.
- <46> 도 3c는 도 3a 및 도 3b의 스펙트럼의 차이에 의한 제1절연막 만의 제3 IR 스펙트럼이다.
- <47> 도 3c를 참조하면, 상기 제1절연막의 순수한 흡수도를 나타내는 제3 IR 스펙트럼은 기존에 측정되어 상기 FT-IR 측정장치에 저장되어 있는 제1도전성 패턴이 형성된 반도체 기판의 제2 IR 스펙트럼과 제1절연막이 형성된 후의 제1 IR 스펙트럼의 차이에 의해 파악된다.(S230) 따라서, 상기 제3 IR 스펙트럼은 제1 IR 스펙트럼과 같이 인, 실리콘 및 붕소의 동일한 흡수 파수 영역에서 인을 나타내는 제5피크(340), 실리콘을 나타내는 제6피크(350) 및 붕소를 나타내는 제7피크(360)의 강한 흡수 피크를 나타내고는 있으나, 흡수도의 세기는 차이가 난다.
- <48> 상기 제1 및 제3 IR 스펙트럼의 형태는 인, 실리콘 및 붕소의 흡수 피크를 중심으로 상기 피크가 형성된 파수에서 멀어질수록 비례적으로 흡수도가 일부 파수 영역에 걸쳐 감소한다. 이와 같이, 물질들의 흡수 스펙트럼은 흡수도가 가장 큰 피크를 정점으로 감소하고 흡수도가 가장 낮은 지점을 변곡점으로 인접한 다른 물질의 파수 영역과 만나게 된다.
- <49> 예컨대, 제3 IR 스펙트럼에 있어서, 상기 제1절연막이 포함하고 있는 실리콘이 갖는 제6피크(350)는 인 및 붕소의 흡수 파수 영역전까지 흡수도가 가장 낮은 2개의 변곡점(355)이 이루고 있는 파수 영역 내에 존재한다. 상기 제6피크(350)이 존재하는 파수 영역 내에서 일정 흡수도에 해당하는 제6피크(350) 폭인 제1파수 영역의 차이(A)를 파악



한다. 상기 변곡점(355)과 인접한 인을 나타내는 제5피크(340)에서 일정 흡수도에 해당하는 제5피크(340) 폭인 제2파수 영역의 차이(B)를 파악한다. 또 다른 변곡점(355)과 인접한 인을 나타내는 제7피크(360)에서 일정 흡수도에 해당하는 제7피크(360) 폭인 제3파수 영역의 차이(C)를 파악한다.(S240) 상기 제1파수 영역의 차이(A)에 대한 상기 제2파수 영역의 차이(B) 비 및 상기 제1파수 영역의 차이(A)에 대한 상기 제3파수 영역의 차이(C)의 비에 의해 상기 BPSG막에 포함된 봉소 및 인의 농도를 각각 파악한다.(S250)

<50> 따라서, 상기 제6피크(350)와 같이 피크의 봉우리 부분이 여러 갈래로 분산되는 경우에도 농도를 정확히 파악할 수 있다.

<51> 그러나, 상기 제5피크(340)와 같이 스펙트럼의 피크가 뚜렷하게 형성되면, 파수 영역의 차이 대신 피크의 면적에 대한 비로 농도를 파악할 수 있다. 즉, 상기 제1파수 영역의 차이(A)에 대한 상기 제5피크의 면적의 비에 의해 인의 농도를 파악할 수 있다. 이때, 정확한 농도를 얻기 위한 환산 변수는 상기 파수 영역의 차이에 의한 농도를 파악하는 변수와는 구별된다.

<52> 농도의 파악을 위해 선택된 샘플은 불량 검출 공정에도 동시에 사용된다. 따라서, 2가지 공정을 하나의 샘플로 진행할 수 있다.

<53> 이와 같이, 상기 제1절연막이 포함하고 있는 물질별로 변곡점을 파악하고 물질의 농도를 각각 파악하여 상기 농도가 기준에 부합하는지를 판별한다.(S130) 상기 농도가 기준에 부합하는 경우에는 다음 단계로 공정을 진행한다. 만약, 기준에 부합하지 못하는 경우에는 상기 제1절연막을 제거하고 BPSG의 농도를 조절하여 다시 절연막을 형성한다.(S140)

- <54>      상기 제1절연막에는 필요에 따라 콘택을 형성할 수 있고, 후속 공정과 연계될 부분에는 일부 개구된 상태로 존재할 수 있다. 상기 샘플을 포함하여 제1절연막이 형성된 기판 상에 반도체 소자의 종류에 따라 제2도전성 패턴을 형성한다. 상기 제2도전성 패턴은 비트라인 또는 커패시터일 수 있으며 그 외의 배선일 수 있다.
- <55>      이하, 상기 제1절연막을 형성하고 농도를 측정한 동일한 방법을 사용한다. 상기 제2도전성 패턴을 절연시키기 위해 상기 제2도전성 패턴을 포함하여 제1절연막 상에 BPSG로 이루어진 제2절연막을 형성한다. 상기 제2절연막이 형성된 기판을 공정 진행 중 샘플로 일부 선택하고, FT-IR 측정장치에 장착한다. 상기 제2절연막의 IR 스펙트럼을 측정한다.
- <56>      그러나, 상기 조사된 IR광은 상기 제2절연막이 형성된 반도체 기판을 투과하면서 상기 제2절연막에 흡수될 뿐만 아니라, 동일한 물질을 포함하고 있는 하부에 형성된 제1절연막에도 일부 흡수된다. 따라서, 흡수되지 않고 투과되어 센서로 감지되는 광량과 투과되기 전의 광량으로 파악되는 흡수된 광량은 상기 제2절연막 및 제1절연막이 흡수한 광량이다. 뿐만 아니라, 기판 자체가 실리콘으로 이루어졌으므로 상기 기판이 흡수하는 광량 및 제2도전성 패턴이 흡수하거나 반사시킨 광량까지 포함하고 있다. 따라서, 제2절연막의 형성 전후의 스펙트럼의 차이에 의해 순수하게 상기 제2절연막의 흡수 스펙트럼을 파악한다.
- <57>      상기 제2절연막의 흡수 스펙트럼은 상기 제1절연막의 흡수 스펙트럼과 같이 포함하고 있는 물질 각각의 고유 흡수 파수별로 강한 흡수도를 나타내는 피크가 존재하고 상기 피크를 정점으로 흡수도가 감소하면서 다시, 제2절연막이 포함하고 있는 다른 물질이 나타내는 고유 흡수 파수의 피크에 인접하게 되면, 흡수도가 증가하는 변곡점을 갖는다.

- <58> 따라서, 상기 제1절연막이 포함하고 있는 물질의 농도를 파악한 것과 같이 제2절연막이 포함하고 있는 물질의 농도를 파악한다.
- <59> 상기 농도가 기준에 부합하면, 다음 단계로 공정을 진행하고, 기준에 부합하지 못하는 경우에는 상기 제2절연막을 제거하고 BPSG의 농도를 조절하여 다시 절연막을 형성한다.
- <60> 이와 같이, 절연막을 적층한 후, 상기 절연막의 IR 스펙트럼으로 상기 절연막의 농도를 파악한다. 따라서, 각 단계마다 불량률의 존재여부를 관찰하며, 기준에 부합되도록 절연막을 형성할 수 있다. 따라서, 기존에는 테스트 샘플에 의한 농도 검사 및 실제 공정 샘플에 의한 불량률 검사가 이원화되어 공정 상의 시간이 지연되었으나, 공정 샘플에 의해 농도 검사를 진행하므로 동시에 2가지 검사를 실행하여 공정 시간이 단축된다.
- <61> 파수 영역 차이에 의해 파악된 농도의 신뢰성 비교검증
- <62> 도 4a는 기판에 형성된 BPSG로 이루어진 절연막의 제4 IR 스펙트럼이다.
- <63> 도 4a를 참조하면, 기판에 형성된 BPSG막의 IR 스펙트럼은 파수(wave number)에 대한 적외선의 흡수도로 표현된다. 제4 IR 스펙트럼은 기판이 광을 잘 투과시키며, 기판에 형성된 박막을 투과한 빛이 적정하게 감지될 때 나타나는 스펙트럼이다. 상기 제4 IR 스펙트럼은 실리콘을 포함하여 붕소 및 인에 대한 피크가 선명하게 나타나므로 종전의 방법인, 스펙트럼의 분포면적에 의해 농도를 계산하는 것이 용이하며 정확한 농도를 파악할 수 있다.
- <64> 도 4b는 기판에 형성된 BPSG로 이루어진 절연막의 제5 IR 스펙트럼이다.

<65> 도 4b를 참조하면, 제5 IR 스펙트럼은 실리콘의 IR 흡수 영역에 있어서, 가장 강한 흡수도를 보이는 제8피크(400) 부분에서 스펙트럼이 선명하지 않고 여러 갈래로 갈라져 나타난다. 상기 제8피크(400)는 막이 형성된 기판이 금속과 같이 광을 잘 투과시키지 못하거나, 막 자체가 두껍게 형성되어 투과한 광의 양이 적어 감지하기가 어려우므로 나타난다. 또한, 막이 포함하고 있는 불순물의 농도가 매우 높은 경우에도 광을 흡수하는 양이 매우 많으므로 상기 막을 투과한 광의 양이 부족하여 상기 투과한 광을 제대로 감지할 수 없다.

<66> 따라서, 투과된 광량을 감지하는 것이 불분명하므로 상기 투과량에 의해 역으로 산출되는 흡수도 또한 불분명하게 나타나므로 면적에 의한 계산이 용이하지 않다. 뿐만 아니라, 계산이 정확하지 않아 막에 포함된 불순물의 농도를 정확하게 파악할 수 없다.

<67> 그러나, 상기 최고 피크가 포함된 파수 영역에 있어서, 파수 영역의 범위, 즉, 스펙트럼 상으로는 최고 피크의 폭에 의하여 농도를 파악하게 되면 최고 피크의 정점과 무관하게 농도를 파악하게 되므로 농도를 정확하게 파악할 수 있다. 따라서, 기판에 막을 여러 번 적층하여도 농도를 정확하게 산출할 수 있다.

<68> 도 5a는 제4 IR 스펙트럼과 같이 뚜렷한 형태의 피크를 갖는 스펙트럼들에 있어서, 종래방법에 의해 파악된 면적 및 본 발명에 의해 파악된 면적의 상관관계를 나타낸 그래프이다.

<69> 도 5a를 참조하면, 스펙트럼의 형태가 뚜렷하게 나타나는 경우, BPSG막의 IR 스펙트럼이 나타내는 동일 물질에 대한 하나의 피크에 있어서, 피크 폭에 의한 농도를 파악하고 상기 농도에 의해 역으로 산출된 피크의 면적은 상기 피크 폭과 일정한 상관관계를 나타낸다. 즉, 일반적인 종래 방법(510)에 의한 농도는 본 발명(500)에 의해 파악된 농

도와 비교했을 때 거의 일치하는 것으로 나타난다. 이때, 피크폭의 크기 및 피크 면적은 편의상 단위를 표기하지 않는다.

<70> 도 5b는 제5 IR 스펙트럼과 같이 뚜렷하지 않은 피크를 갖는 스펙트럼들에 있어서, 종래방법에 의해 파악된 면적 및 본 발명에 의해 파악된 면적의 상관관계를 나타낸 그래프이다.

<71> 도 5b를 참조하면, 물질을 투과한 광량이 센서에 감지되기에 부족한 경우에는 스펙트럼의 특정 피크의 정점에서 여러 갈래로 피크가 나뉘지는 형태로 나타나므로 종래방법(520)에 의해 파악된 면적은 본 발명(505)에 의한 피크폭의 크기에 의해 파악된 면적과 비교했을 때 오차가 발생한다. 즉, 상기 오차는 상기 피크 폭과 피크 면적의 매개로 사용한 농도의 오차를 의미한다. 상기 종래방법(520)은 정점의 피크가 분산되는 것까지 모두 고려하여 면적을 파악하고 상기 면적에 의해 농도를 파악하므로 오차가 크게 발생하게 된다.

<72> 그러나, 본 발명(505)의 피크 폭에 의해 파악된 농도는 종래방법(520)이 적외선을 감지하는 정도에 크게 영향을 받는 것과 비교하여 그 영향에 무관하게 농도를 파악할 수 있다. 즉, 피크 폭에 의해 농도를 파악하게 되면 상기 정점이 갈라지는 현상과는 무관하므로 파악된 농도의 신뢰성이 높다.

#### 【발명의 효과】

<73> 상술한 바와 같이 본 발명에 의하면, 반도체 소자의 제조공정에서 BPSG로 이루어진 절연막을 적층할 때마다, 상기 공정 중에 형성된 소자의 샘플을 선택하여 IR 스펙트럼

을 측정한다. 상기 IR 스펙트럼으로부터 물질의 농도를 파악하기 위해 물질 별로 흡수도의 세기가 큰 피크가 존재하는 특정 파수 영역의 폭을 이용한다.

<74> 이와 같이, IR 스펙트럼의 피크 폭을 이용함으로써, BPSG로 이루어진 절연막을 수차례 형성하여 두꺼워지거나, 막이 형성된 기판이 상기 IR 광에 대한 투과도가 낮거나, 스펙트럼을 측정하고자 하는 막에 농도가 높을 시에 스펙트럼의 흡수도가 세기가 큰 피크가 여러 갈래로 갈라져 파악하기 힘들 경우에도 정확하게 농도를 파악할 수 있다.

<75> 또한, 농도만을 측정하기 위해 부가적으로 테스트 샘플을 제조하지 않고 불량 검출 단계에서 농도 검사를 함께 실시하여 공정 상의 비용을 절약할 수 있으므로 공정 시간을 단축할 수 있다.

<76> 상술한 바와 같이, 본 발명의 바람직한 실시예를 참조하여 설명하였지만 해당 기술 분야의 숙련된 당업자라면 하기의 특허 청구의 범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

**【특허청구범위】****【청구항 1】**

제1물질 및 상기 제1물질 보다 적은 양으로 복수개의 불순물을 포함하는 막이 형성된 반도체 기판에 적외선을 조사하여 상기 적외선의 일부를 흡수시키고, 흡수되지 않은 나머지 적외선을 투과시키는 단계;

상기 투과된 적외선과 투과되기 전의 적외선의 광량의 차이 및 상기 막이 형성되지 않은 반도체 기판이 흡수하는 적외선 광량의 차이로부터 상기 막이 포함하는 제1물질 및 복수개의 불순물 각각이 흡수하는 적외선 광량을 광 파수별로 파악하는 단계;

상기 제1 물질 및 복수개의 불순물 각각이 흡수하는 광 파수 영역 중 상기 제1 물질 및 복수개의 불순물 각각이 흡수하는 일정 광량에 상응하는 각각의 광 파수영역을 파악하는 단계; 및

상기 제1 물질이 흡수하는 일정 광량에 상응하는 광 파수영역에 대한 복수개의 불순물 각각이 흡수하는 일정 광량에 상응하는 광 파수영역의 비에 의해 각각의 불순물의 농도를 파악하는 단계로 이루어지는 농도 측정방법.

**【청구항 2】**

제1항에 있어서, 상기 막의 제1 물질은 실리콘을 포함하는 물질이고, 복수개의 불순물은 붕소 및 인으로 이루어지는 것을 특징으로 하는 농도 측정방법.

**【청구항 3】**

제1항에 있어서, 상기 반도체 기판 상에 제1 물질 및 복수개의 불순물을 포함하는 막을 형성하기 전에 상기 반도체 기판이 흡수하는 광량을 측정하는 단계를 더 구비하는 것을 특징으로 하는 농도 측정방법.

**【청구항 4】**

제1항에 있어서, 상기 반도체 기판에는 복수개의 도전성 패턴이 형성되어 있는 것을 특징으로 하는 농도 측정방법.

**【청구항 5】**

제1물질 및 상기 제1물질 보다 적은 양으로 복수개의 불순물을 포함하는 막이 형성된 반도체 기판에 적외선을 조사하여 상기 적외선의 일부를 흡수시키고, 흡수되지 않은 나머지 적외선을 투과시키는 단계;

상기 투과된 적외선과 투과되기 전의 적외선의 광량의 차이 및 상기 막이 형성되지 않은 반도체 기판이 흡수하는 적외선 광량의 차이로부터 상기 막이 포함하는 제1물질 및 복수개의 불순물 각각이 흡수하는 적외선 광량을 광 파수별로 파악하는 단계;

상기 제1 물질 및 복수개의 불순물 각각이 흡수하는 광 파수 영역 중 상기 제1 물질 및 복수개의 불순물 각각이 흡수하는 일정 광량에 상응하는 각각의 광 파수영역을 파악하는 단계; 및

상기 제1 물질이 흡수하는 일정 광량에 상응하는 광 파수영역에 대한 복수개의 불순물 각각이 흡수하는 광 파수 영역 전체에 상응하는 각각이 적외선 광량의 비에 의해 각각의 불순물의 농도를 파악하는 단계로 이루어지는 농도 측정방법.



**【청구항 6】**

제5항에 있어서, 상기 막의 제1 물질은 실리콘을 포함하는 물질이고, 복수개의 불순물은 붕소 및 인으로 이루어지는 것을 특징으로 하는 농도 측정방법.

**【청구항 7】**

제5항에 있어서, 상기 반도체 기판 상에 제1 물질 및 복수개의 불순물을 포함하는 막을 형성하기 전에 상기 반도체 기판이 흡수하는 광량을 측정하는 단계를 더 구비하는 것을 특징으로 하는 농도 측정방법.

**【청구항 8】**

제5항에 있어서, 상기 반도체 기판에는 복수개의 도전성 패턴이 형성되어 있는 것을 특징으로 하는 농도 측정방법.

**【청구항 9】**

반도체 기판 상에 복수개의 도전성 패턴을 형성하는 단계;

상기 복수개의 도전성 패턴을 포함한 반도체 기판 상에 BPSG막을 형성하는 단계;

상기 BPSG막이 형성된 반도체 기판에 적외선을 조사하여 적외선의 일부를 흡수시키고 흡수되지 않은 나머지 적외선을 투과시키는 단계;

상기 투과된 적외선과 투과되기 전의 적외선의 광량의 차이 및 상기 BPSG막이 형성되지 않은 복수개의 도전성 패턴을 포함한 반도체 기판이 흡수하는 적외선의 광량의 차이로부터 상기 BPSG막이 포함하는 각각의 물질이 흡수하는 적외선 광량을 광 파수별로 파악하는 단계; 및

상기 BPSG막을 이루고 있는 물질 중 실리콘이 흡수하는 광 파수 영역 중 일정 광량에 상응하는 광파수 영역에 대한 상기 BPSG막을 이루고 있는 붕소 및 인이 흡수하는 광 파수 영역의 비에 의해 상기 붕소 및 인의 농도를 파악하는 단계로 이루어지는 반도체 소자의 불순물 농도 측정방법.

#### 【청구항 10】

제9항에 있어서,

상기 붕소 및 인의 농도가 파악된 BPSG막이 형성된 결과물 상에 BPSG막을 더 구비하는 단계;

상기 BPSG막이 더 구비된 반도체 기판에 적외선을 조사하여 적외선의 일부를 흡수시키고 흡수되지 않은 나머지 적외선을 투과시키는 단계;

상기 BPSG막이 더 구비된 반도체 기판을 투과한 적외선과 투과하기 전의 적외선의 광량의 차이 및 상기 결과물이 흡수하는 적외선의 광량의 차이로부터 상기 더 구비된 BPSG막이 포함하고 있는 실리콘, 붕소 및 인이 흡수하는 적외선 광량을 광 파수별로 파악하는 단계; 및

상기 실리콘이 흡수하는 일정 광량에 상응하는 광파수 영역에 대한 붕소 및 인이 흡수하는 일정 광량에 상응하는 각각의 광파수 영역의 비에 의해 붕소 및 인의 농도를 파악하는 단계를 더 구비하는 것을 특징으로 하는 반도체 소자의 불순물 농도 측정방법.

#### 【청구항 11】

제10항에 있어서, 상기 단계들을 수회 반복하는 것을 특징으로 하는 반도체 소자의 불순물 농도 측정방법.

**【청구항 12】**

BPSG막이 형성된 기판을 진행하고 있는 반도체 소자의 제조공정으로부터 샘플로 선택하는 단계;

상기 샘플에 형성된 BPSG막이 흡수하는 적외선의 광량을 적외선 파수에 대해 파악하는 단계; 및

상기 BPSG막이 포함하고 있는 실리콘이 흡수하는 적외선 광량의 일정 양에 상응하는 적외선 파수 영역에 대한 상기 BPSG막이 포함하고 있는 붕소 및 인이 흡수하는 적외선 광량의 일정 양에 상응하는 적외선 파수 영역의 비에 의해 샘플에 형성된 BPSG막이 포함하는 붕소 및 인의 농도를 파악하는 단계를 포함하는 반도체 소자의 불순물 농도 측정방법.

**【청구항 13】**

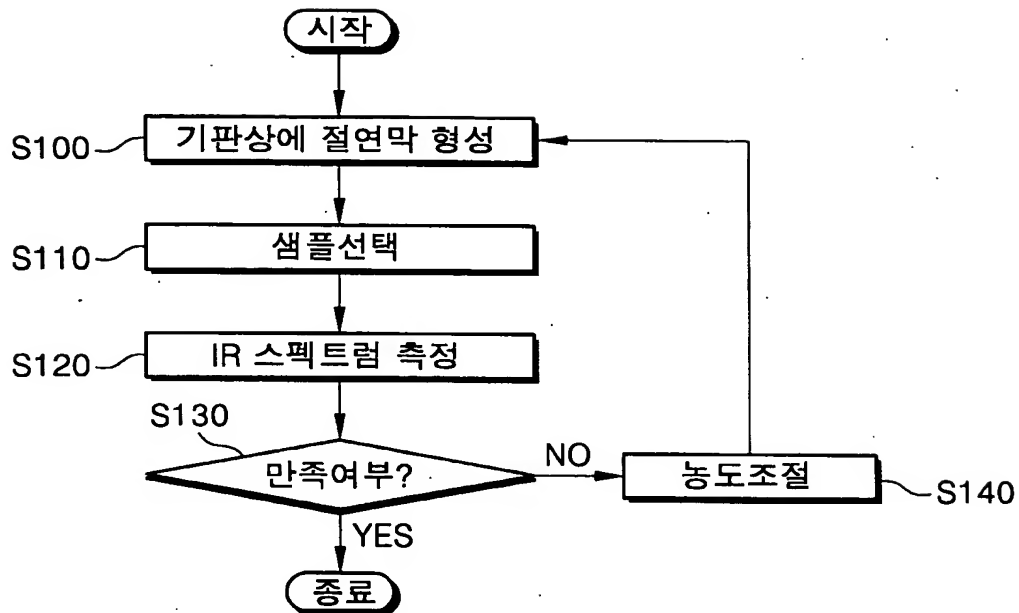
제12항에 있어서, 상기 BPSG막이 포함하는 붕소 및 인의 농도가 상기 반도체 소자의 제조공정을 만족하면, 상기 샘플을 포함하여 반도체 소자의 제조공정을 계속 진행하는 것을 특징으로 하는 반도체 소자의 불순물 농도 측정방법.

**【청구항 14】**

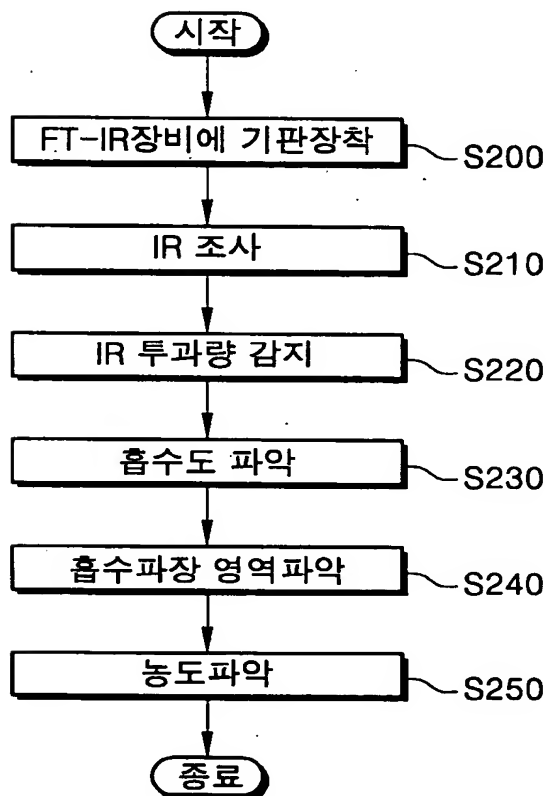
제12항에 있어서, 상기 BPSG막이 포함하는 붕소 및 인의 농도가 상기 반도체 소자의 제조공정의 기준에서 벗어나면, 상기 붕소 및 인의 농도를 조절하여 BPSG막을 다시 형성하는 것을 특징으로 하는 반도체 소자의 불순물 농도 측정방법.

## 【도면】

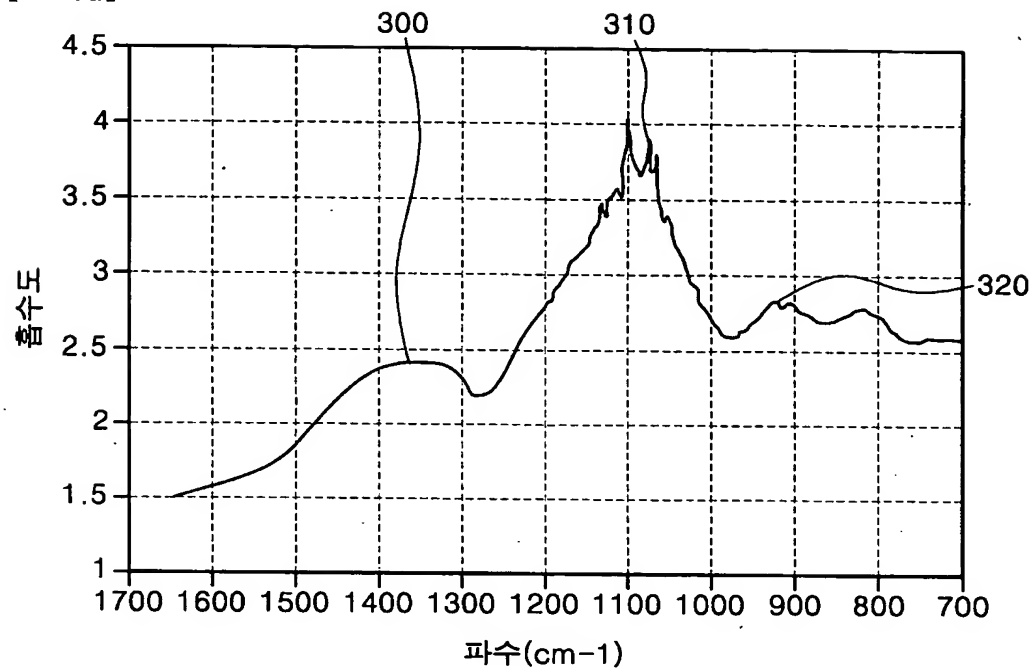
【도 1】



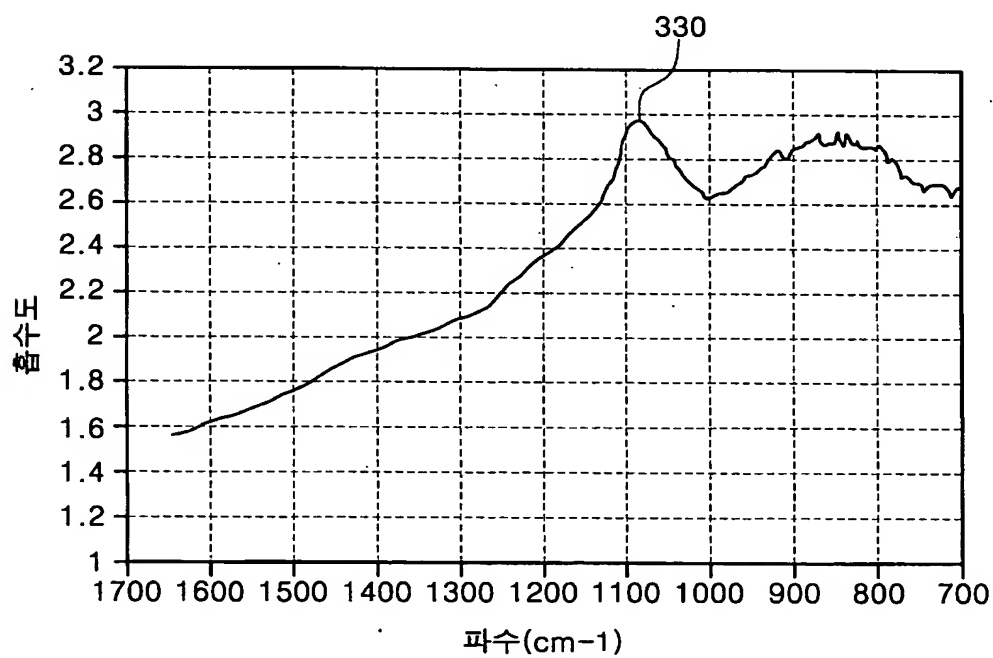
【도 2】



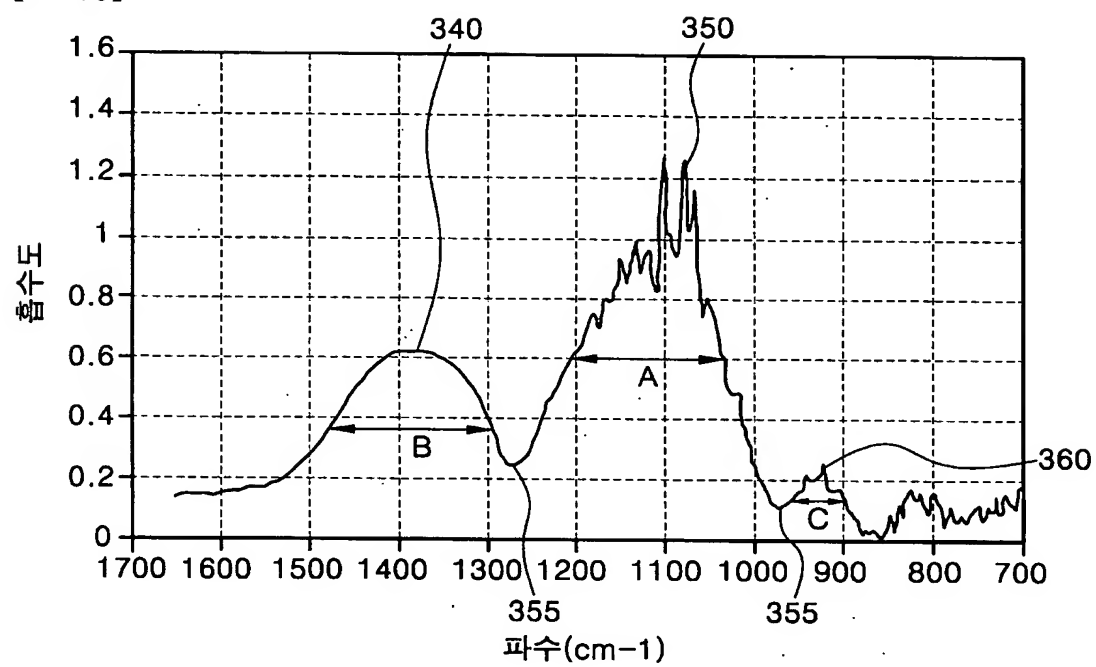
【도 3a】



【도 3b】



【도 3c】

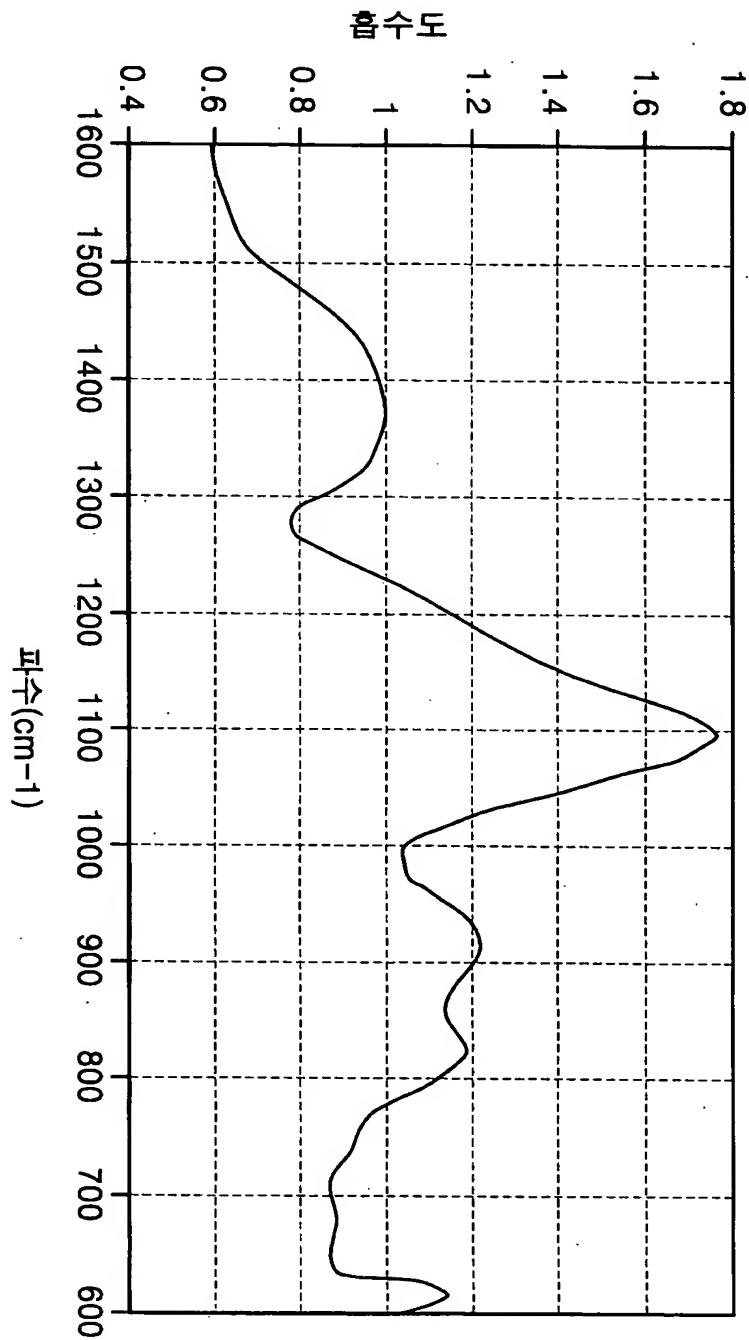




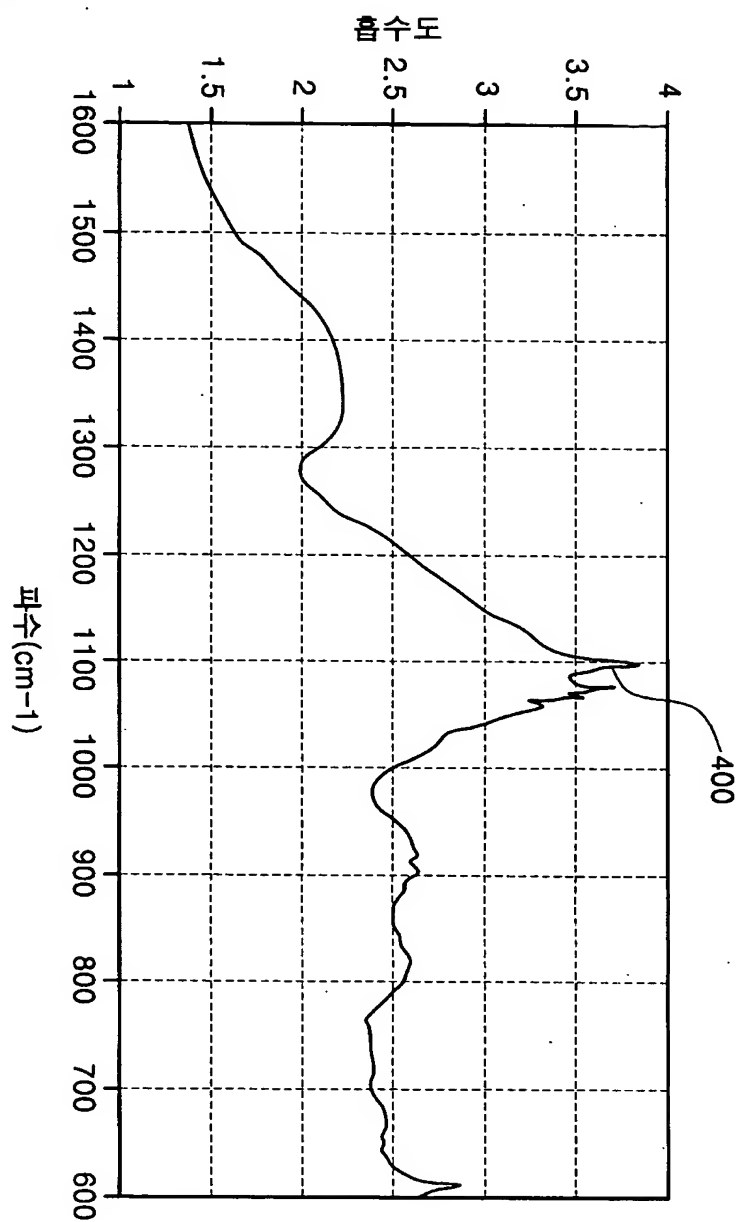
1020020068339

출력 일자: 2002/11/28

【도 4a】

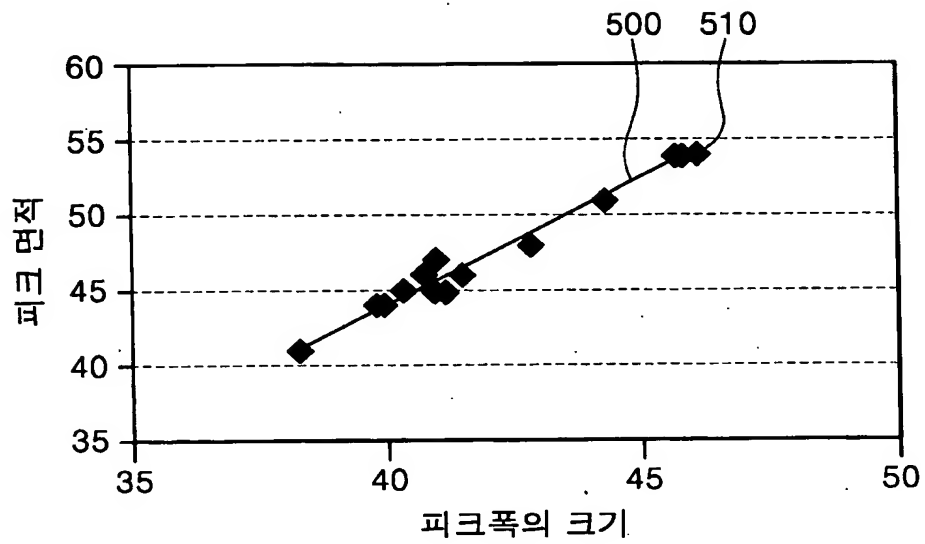


【도 4b】





【도 5a】



【도 5b】

